

FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

JOSÉ HENRIQUE DE JESUS

**AUTOMAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE COLETA DE DADOS DO SISTEMA DE
CONTROLE DE NÍVEL DO RIO, UTILIZADO NO CONTROLE DE RISCO DE
ENCHENTE NA CIDADE DE CARATINGA-MG**

CARATINGA

2019

JOSÉ HENRIQUE DE JESUS
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

**AUTOMAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE COLETA DE DADOS, DO SISTEMA DE
CONTROLE DE NÍVEL DO RIO, UTILIZADO NO CONTROLE DE RISCO DE
ENCHENTE NA CIDADE DE CARATINGA-MG**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica das Faculdades Doctum de
Caratinga, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica.**

**Área de Concentração: Automação.
Orientador: Prof.Esp. Vinícius Murilo**

CARATINGA
2019

TERMO DE APROVAÇÃO COM RESTRIÇÃO

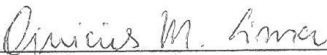
JOSÉ HENRIQUE DE JESUS

A aprovação do(s) aluno(s) fica condicionada à apresentação ao professor orientador, das alterações solicitadas pelos avaliadores através das versões corrigidas que passam a fazer parte deste termo, ou as elencadas ao final do mesmo.


As alterações devem ser apresentadas em versão definitiva no prazo de três dias corridos a contar dessa data, conforme o disposto nas Normas de TCC da Instituição.

A aprovação final fica condicionada ao parecer favorável emitido pelo professor orientador.

Caratinga, 04/12/2019


VINICIUS MURILO LIMA RODRIGUES
Professor Orientador e Presidente da Banca


ROBSON DA SILVA
Professor Avaliador 1


GUILHERME CASSIMIRO BORGES
Professor Avaliador 2


Aluno(s)

**CORREÇÕES A SEREM FEITAS E PARECER FINAL
ALTERAÇÕES NECESSÁRIAS APONTADAS PELA BANCA:**

PARECER FINAL DO ORIENTADOR:

DATA: 04/12/2019

Assinatura do Professor Orientador:

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me permitir tornar esse sonho possível, estando junto a mim em todos os momentos de dificuldades me iluminando. Agradeço a minha mãe Clélia Maria de Jesus e minha esposa Renata Matheus Silva por todo apoio e incentivo que contribuíram muito durante essa caminhada, a Meu Padrasto José Tassar (In memoriam) que me incentivou a entrar no curso e por ter me ensinado a gostar da área da elétrica.

Sou grato a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória acadêmica em especial ao professor Ricardo Botelho Campos que durante esses cinco anos de curso se tornou um amigo, responsável pela orientação que lhe coube foram de suma importância suas observações e incentivos. Aos colegas de turma, amigos e todos que direta e indiretamente participaram para a consolidação dessa conquista.

A todos o meu muito obrigado!

HENRIQUE, José. **AUTOMAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE COLETA DE DADOS, DO SISTEMA CONTROLE DE NÍVEL DO RIO, UTILIZADO NO CONTROLE DE RISCO DE ENCHENTE NA CIDADE DE CARATINGA-MG.** Caratinga, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica - Curso de Engenharia Elétrica. Faculdades DOCTUM de Caratinga, Caratinga, 2019.

RESUMO

Devido aos grandes transtornos que ocorrem na cidade de Caratinga-MG, devido a enchentes que ocorrem com o transbordamento do rio que corta a mesma, durante os períodos de chuva, um constante monitoramento do nível do referido rio se faz necessário. O presente trabalho tem como propósito, tornar automático o sistema de coleta de dados do nível do rio, como também coletar os níveis de incidência ou não de chuva, nos pontos considerados estratégicos pela defesa civil para uma adequada previsão de enchentes. Será proposto um sistema que através das plataformas de Internet das Coisas (Do inglês *Internet of Things- IOT*), torna automatizado e em tempo hábil às análises, a coleta e tratamento dos dados provenientes das plataformas de monitoramento de risco de enchentes, utilizados, na cidade de Caratinga-MG.

Palavras-chaves: Transbordamento do rio, Internet das coisas, Monitoramento. Risco de enchentes, Tratamento de dados.

HENRIQUE, José. **AUTOMAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE COLETA DE DADOS, DO SISTEMA CONTROLE DE NÍVEL DO RIO, UTILIZADO NO CONTROLE DE RISCO DE ENCHENTE NA CIDADE DE CARATINGA-MG.** Caratinga, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica - Curso de Engenharia Elétrica. Faculdades DOCTUM de Caratinga, Caratinga, 2019.

ABSTRACT

Due to the great disturbances that occur in the city of Caratinga-MG, due to floods that occur with the overflow of the river that crosses it, during the rainy periods, a constant monitoring of the level of that river is necessary. The purpose is to make the river level data collection system automatic, as well as to collect rainfall levels or not, at points considered strategic by the civil defense for adequate flood forecasting. A system will be proposed through the Internet of Things (IOT) platforms, which will make automated and timely analysis, collection and processing of data from flood risk monitoring platforms used in city of Caratinga-MG.

Keywords: River overflow. Internet of Things, Monitoring. Flood risk. Processing of data.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Régua de nível instaladas em Santa. Rita de Minas.....	11
Figura 2- PCD e colaborador Civil de Santa Rita de Minas.....	12
Figura 3- Régua utilizadas na aferição de nível na cidade de Caratinga.....	12
Figura 4- Pluviômetro de Báscula.....	14
Figura 5- Vista interna de Pluviômetro de Báscula.....	14
Figura 6- ESP32.....	16
Figura 7- Sensor Ultrassônico HC-SR04.....	16
Figura 8- Princípio de funcionamento do sensor HC-SR04.....	17
Figura 9- Captura de tela do sistema ThingSpeak.....	18
Figura 10- Sistema utilizado para envio de informações sobre nível.....	20
Figura 11- Planos de construção do Pluviômetro.....	21
Figura 12- Vista interna do Pluviômetro.....	21
Figura 13- Diagrama do sistema de coleta de dados.....	24
Figura 14- Plataforma ThingSpeak configurada e pronta à coleta de dados...	26
Figura 15- Visualização dos dados na Plataforma ThingSpeak na configuração final.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEMADEN Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais

CONDEC Conselho Nacional de Defesa Civil

IOT Interne of Things (do Inglês, Internet das coisas).

PCD Plataforma de Coleta de Dados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	11
2.1 Sistema de monitoramento de nível de rio.....	11
2.1.1 Monitoramento Próximo a Santa Rita de Minas.....	11
2.1.2 Monitoramento na cidade de Caratinga.....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 Internet das coisas.....	13
3.2 Pluviômetro de báscula.....	13
3.3 Plataforma ESP32 DevKit.....	15
3.4 Sensor HC-SR04.....	16
3.4.1 Características de funcionamento do sensor HC-SR04.....	17
3.5 Plataforma ThingSpeak.....	17
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS.....	19
4.1 Sistema de Monitoramento de Nível de rio e Incidência de Chuva.....	19
4.1.1 Escolha dos sensores.....	19
4.1.2 Sensor de precipitação de chuva.....	20
4.1.3 Plataforma de desenvolvimento.....	22
4.1.3.1 Programa utilizado.....	23
4.1.4 Plataforma IOT.....	25
5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	27
6 CONCLUSÃO.....	29
7 REFERÊNCIAS BIOGRÁFICAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

Devido a sua geografia e sua localização, a cidade de Caratinga enfrenta todos os anos no período das chuvas, um grande problema com a possibilidade de alagamento, trazendo para cidade um enorme prejuízo. Sendo estes prejuízos provocados por perdas financeiras provenientes de destruições dos produtos comerciais dispostos nas lojas locais, como também a destruição de imóveis comerciais e residenciais. Uma grande perda, também a se considerar, foram as inúmeras mortes ocorridas nos últimos anos.

Com o intuito de se manter um controle do risco de enchentes na cidade de Caratinga-MG, foi criado pela defesa civil, um sistema de monitoramento das chuvas e do nível dos rios, para que se possa minimizar os impactos provocados na cidade caso ocorra um volume muito grande de chuvas, que possam vir a provocar inundações na cidade.

Esse sistema, conta com o uso de estações meteorológicas, dotados de pluviômetros e réguas de nível de rio, instaladas em pontos estratégicos da cidade de Caratinga e no leito do rio, próximo a cidade de Santa Rita de Minas. Pontos estratégicos na prevenção, segundo a defesa civil, mas a leitura desses dispositivos vem sendo feita de modo manual, por integrantes da defesa civil e colaboradores moradores próximo às estações, que passam as informações a uma central para análises e tomada de decisões.

Tendo conhecimento do problema e aproveitando dos avanços cada vez mais significativos da recém-formada rede de *Internet* das Coisas, que possibilita, a conexão de dispositivos os tornados de certo modo, mais inteligentes e assertivos. A hipótese levantada por esta pesquisa é a automação das unidades coletoras de dados utilizando IoT (*Internet* das coisas), dando uma maior rapidez à leitura e análise dos dados obtidos.

2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo será apresentado o sistema de prevenção de enchente na cidade de Caratinga-MG, assim como o atual funcionamento do sistema, destacando se suas características e a necessidade de automação .

2.1 Sistema de monitoramento de nível de rio

2.1.1 Monitoramento Próximo a Santa Rita de Minas

Segundo o diretor da defesa civil de Caratinga, a cidade conta hoje com um sistema de réguas de nível, instaladas próximo a cidade de Santa Rita de Minas, que é considerado pela defesa civil o ponto de partida para a prevenção de enchentes na cidade. Na Figura 1 é apresentado o sistema de réguas usados para aferir o nível do rio, demonstrando o fato de ser o sistema completamente rudimentar e dependente de leituras visuais, *in loco*.

Figura 1- Réguas de nível instaladas em Santa. Rita de Minas



Fonte (CONDEC/CTGA, 2019)

O sistema de Santa Rita de Minas também conta com uma plataforma de coleta de dados PCD, que tem seus dados coletados por um agente colaborador que mora próximo ao PCD, que coleta os dados e os envia ao CEMADEN, via telefone, órgão que repassa as informações ao CONDEC Caratinga. Na Figura 2 é mostrado o

PCD e também o morador que é responsável pela leitura do sistema e repasse das informações.

Figura 2- PCD e colaborador Civil de Santa Rita de Minas



Fonte-(CONDEC/CTGA, 2019)

2.1.2 Monitoramento na cidade de Caratinga

Na Cidade de Caratinga-MG o monitoramento do nível do rio é feito através de réguas de nível instaladas próximo a uma ponte, a leitura dos índices desta régua, precisa ser feita de forma visual, onde um colaborador precisa deslocar até o local e efetuar a leitura, podendo ainda, estas leituras ocorrerem de forma imprecisas.

Na figura 3 é demonstrado o local onde fica instalada a régua, e demonstra novamente quão rudimentar é o sistema.

Figura 3- Régua utilizadas na aferição de nível na cidade de Caratinga



Fonte- (CONDEC/CTGA, 2019)

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Internet das coisas

Muitos dos equipamentos eletrônicos que usamos hoje estão conectados à *Internet*, como telefones móveis, *tablet*, relógios, televisores, veículos etc., e são capazes de coletar e transmitir dados entre si. E aproveitando dessa capacidade de conexão e interação podemos transformar tais equipamentos, tornando os mais eficientes e incluindo funções complementares a seu uso.

A *Internet das Coisas* (IoT) descreve a revolução já em curso que pode ser observada no número crescente de dispositivos habilitados para *Internet*. Nesse contexto, a IoT refere-se a um estado onde “coisas”, como objetos, ambientes, veículos e roupas estão capacitados e terão cada vez mais informações associadas a eles, e podem se conectar e se comunicar uns com os outros e com demais dispositivos habilitados para a web (REVELL, 2013).

3.2 Pluviômetro de báscula

O Pluviômetro de báscula é um equipamento usado em estações meteorológicas para recolher e medir a quantidade de líquidos, (chuva) e sólidos (Granizo e neve) em locais onde ocorrem (Brasil,2013).

O Pluviômetro é um aparelho com uma superfície de captação horizontal e um depósito para acumular a água recolhida ligado a essa área de captação. Há vários modelos de pluviômetros em uso no mundo, no Brasil o mais difundido é o padrão Francês conhecido como *Ville de Paris* (SILVA, 2008, p. 71).

Braga e Fernandes (2007, p.1. **apud Automatic Weather Stations,2001.**)
Discutem e definem o seu funcionamento.

Seu princípio de medição deriva de um equipamento totalmente mecânico inventado no século XVII (Automatic Weather Stations, 2001), que registrava o número de vezes em que a precipitação atmosférica, coletada através de um funil, conseguia preencher o volume de um dispositivo basculante. Este reservatório era concebido para desequilibrar quando cheio, despejando o líquido acumulado e, como consequência, se preparando para um novo ciclo de acumulação. Hoje em dia, os equipamentos produzem pulsos elétricos a cada “basculada”, sendo então esses pulsos registrados em dataloggers. No entanto, o princípio de despejo de líquido, em quantidades controladas, provocado pela alteração do centro de gravidade do recipiente coletor, é o mesmo.

Na Figura 4, é apresentado um modelo de pluviômetro de balança comercializado pela empresa Sigma Sensors.

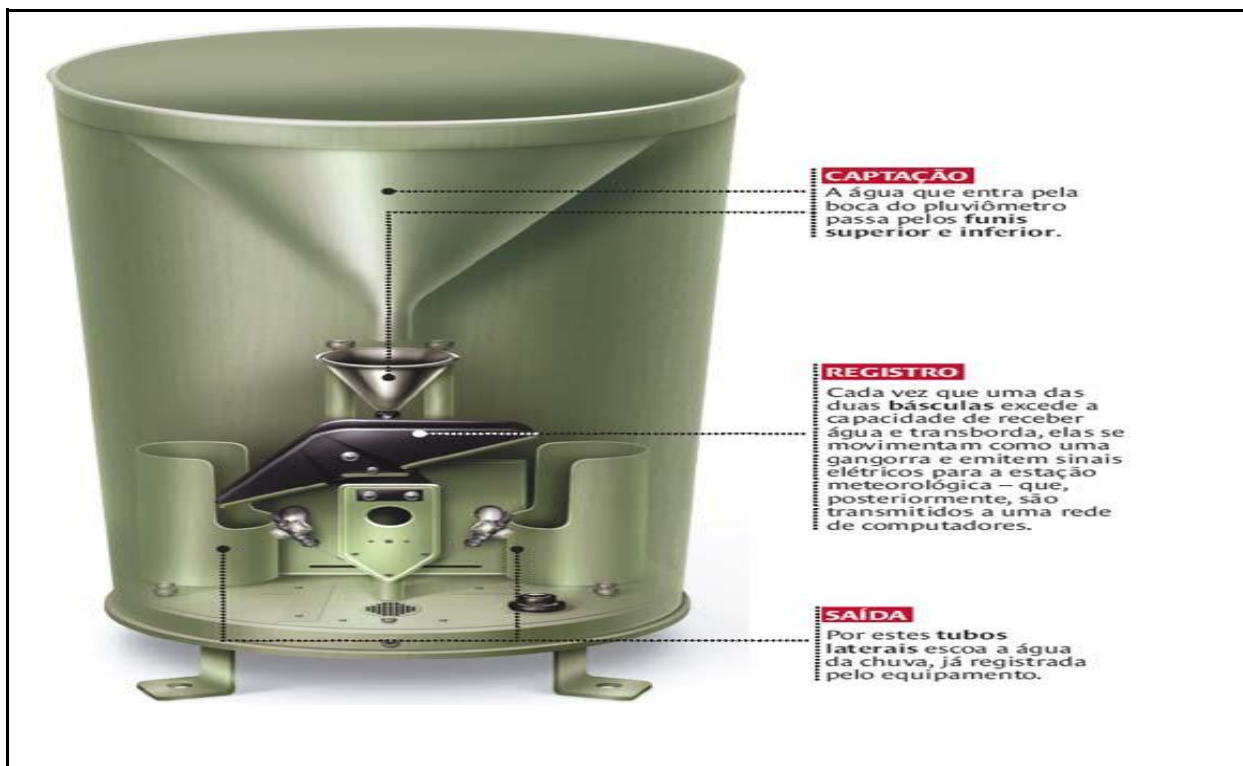
Figura 4- Pluviômetro de Balança



Fonte- (Sigma Sensors, 2019)

Na Figura 5 é demonstrado em detalhes o funcionamento interno de um pluviômetro de balança.

Figura 5- Vista interna de Pluviômetro de Balança.



Fonte (Cemaden, 2019)

3.3 Plataforma ESP32 DevKit

Desenvolvida pela empresa *Espressif Systems*, a plataforma ESP32 DevKit, é uma plataforma de desenvolvimento de alto desempenho, que conta com comunicação wifi integrado, Bluetooth 4.2 e um baixíssimo consumo de energia (Espressif Systems, 2017).

Podendo a série de chips ESP32 serem programados usando ambiente LUA como também a plataforma Arduino através de um cabo micro USB, o ESP32 permite criar várias aplicações para projetos IoT, acesso remoto entre outros.

3.3.1 Especificações ESP32 DevKit

Especificações:

CPU: Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6

ROM: 448 KBytes

RAM: 520 Kbytes

Flash: 4 MB

Clock máximo: 240MHz

Wireless padrão 802.11 b/g/n

Conexão Wifi 2.4Ghz (máximo de 150 Mbps)

Antena embutida

Conector micro-USB

Wi-Fi Direct (P2P), P2P Discovery, P2P Group Owner mode e P2P Power Management

Modos de operação: STA/AP/STA+AP

Bluetooth BLE 4.2

Portas GPIO: 11

GPIO com funções de PWM, I2C, SPI, etc.

Tensão de operação: 4,5 ~ 9V

Taxa de transferência: 110-460800bps

Suporta Upgrade remoto de firmware

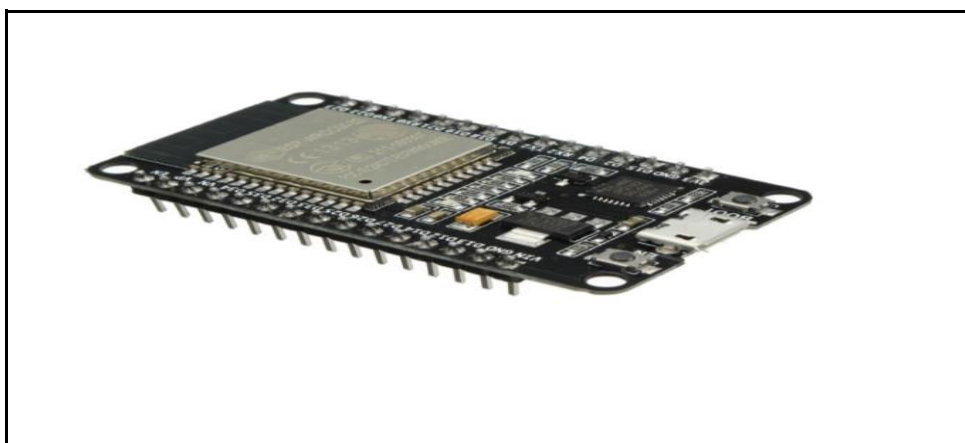
Conversor analógico digital (ADC)

Distância entre pinos: 2,54 mm

Dimensões: 52 mm x 28 mm x 5 mm (desconsiderando os pinos)

Na figura 6 é apresentado a plataforma ESP32 e suas características.

Figura 6- ESP32



Fonte- (Espressif Systems, 2017)

3.4 Sensor HC-SR04

O sensor ultrassônico HC-SR04 é largamente utilizado devido ao seu baixo custo e facilidade de utilização, e também apresenta elevada precisão para medir a distâncias de objetos ou obstáculos, com precisão de 3mm.

Na Figura 7 é apresentado o sensor HC-SR04 e suas características físicas.

Figura 7- Sensor Ultrassônico HC-SR04



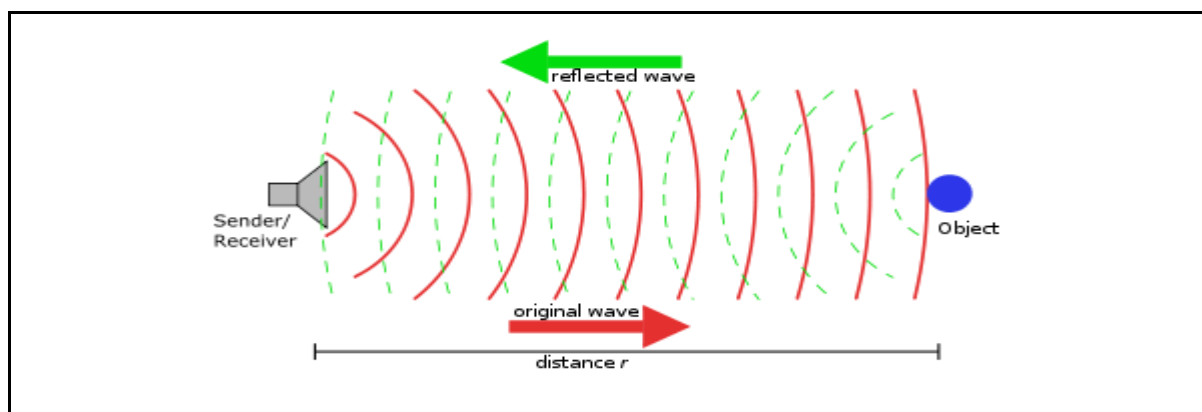
Fonte (Acervo do autor, 2019)

3.4.1 Características de funcionamento do sensor HC-SR04

Segundo Lima (2017), Os Sensores distancia por ultrassom possuem um emissor e um receptor de onda sonoras, ao emitir uma onda sonora um relógio de alta precisão é acionado para cronometrar o tempo entre a emissão da onda e ao colidir com um objeto ou obstáculo, ser refletida ao receptor, sabendo se a velocidade do som (340m/s) e com o tempo calculado pelo sensor, é possível calcular a distância do objeto ou obstáculo.

A Figura 8 ilustra o princípio de funcionamento do sensor HC-SR04.

Figura 8- Princípio de funcionamento do sensor HC-SR04



Fonte (Lima, 2017)

3.5 Plataforma ThingSpeak

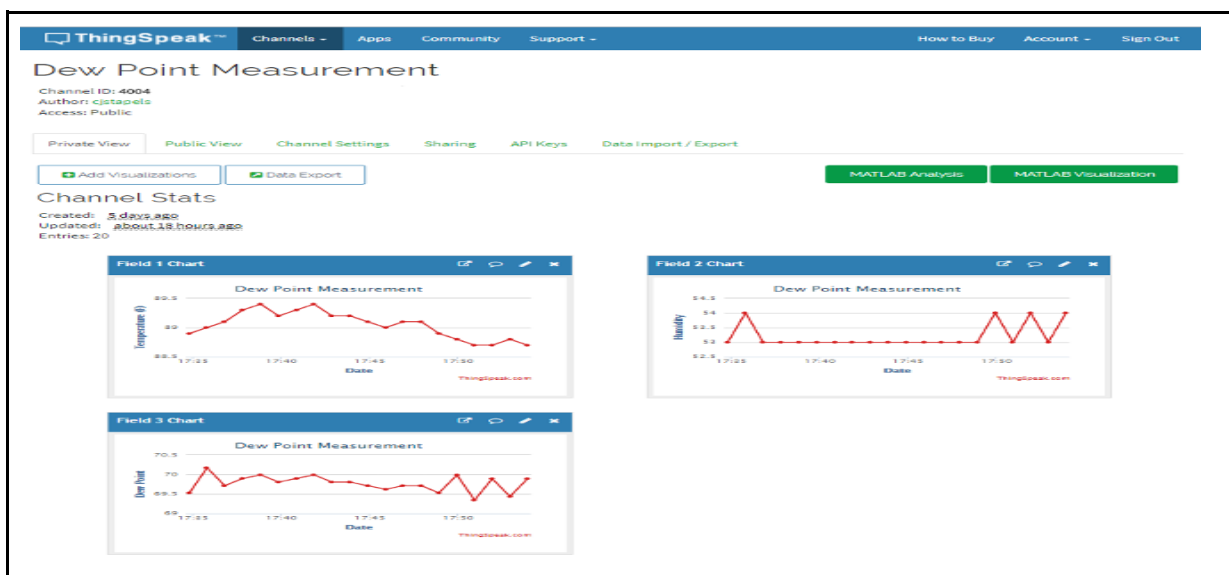
A plataforma *ThingSpeak* foi criada pela empresa MathWorks para integração e análise de dados da Internet das Coisas.

Segundo Maurey (2016),

O ThingSpeak é um serviço de plataforma de análise de IoT que permite agregar, visualizar e analisar fluxos de dados ao vivo na nuvem. Você pode enviar dados para o ThingSpeak™ a partir de seus dispositivos, criar visualizações instantâneas de dados ao vivo e enviar alertas usando serviços da web como o Twitter® e Twilio®. Com análise do MATLAB® no ThingSpeak, você pode escrever e executar o código do MATLAB para executar pré-processamento, visualizações e análises. O ThingSpeak permite que engenheiros e cientistas construam protótipos e sistemas de IoT sem configurar servidores ou desenvolver softwares da web.

É mostrado na figura 9, um exemplo de como pode ser apresentados os dados provenientes dos sensores conectados para uma fácil análise dos dados.

Figura 9- Captura de tela do sistema ThingSpeak.



Fonte (MathWorks, 2019)

A plataforma oferece a possibilidade de apresentar até oito gráficos, referentes a mesma quantidade de sensores, oferece também a possibilidade de apresentar um mapa com a localização do local de utilização dos sensores.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

Neste capítulo, serão apresentados a sequência de formatação e construção de protótipo de um sistema de coleta e envio de informações referente a dados provenientes de sensores de nível de rio e incidência de chuva.

Na elaboração do sistema de testes não se levou em conta a precisão dos dados obtidos, e sim a capacidade de se obter os dados provenientes dos sensores e disponibiliza-los de forma automática e rápido o suficiente para que as informações possam ser processadas de forma mais rápida.

Foi pensado também, na possibilidade de se fornecer a informação ao maior número de interessados ao mesmo tempo, sem que para isso seja necessário vario tipos de requisições e comunicações entre quem coleta os dados, quem os analisa e quem toma as decisões necessárias.

4.1 Sistema de Monitoramento de Nível de rio e Incidência de Chuva

O sistema foi desenvolvido seguindo três etapas, escolha dos sensores, escolha da plataforma de desenvolvimento e escolha da plataforma de nuvem IoT, para coleta e apresentação dos dados obtidos e montagem do protótipo do sistema para testes.

4.1.1 Escolha dos sensores

Para aferir o nível do rio foi escolhido o sensor HC-SR04 devido a capacidade de serem usados, sem o contato direto com o líquido e devido a sua precisão que chega à casa dos três milímetros, também foi levado em conta seu baixo custo.

Para os testes foi utilizado uma *protoboard* para interligar o sensor HC-SR04 com a plataforma DevKit ESP32, onde o sensor foi posicionado sobre um reservatório

plástico, onde foi aferido o nível, enquanto água era depositado no reservatório. Foi utilizado também uma bateria para dar mobilidade ao sistema.

Na figura 10 é demonstrado em duas vistas o desenvolvimento do sistema utilizado para envio das informações sobre o nível para a plataforma *ThingSpeak*.

Figura 10- Sistema utilizado para envio de informações sobre nível.



Fonte (Do acervo do autor, 2019)

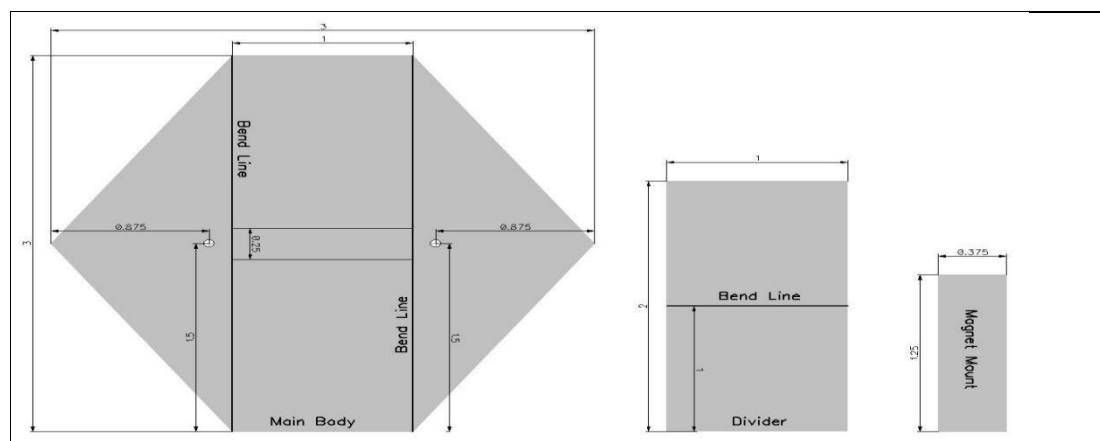
4.1.2 Sensor de precipitação de chuva

Para contabilizar a precipitação de chuva optou se pela construção de Pluviômetro de báscula para enviar as informações à plataforma ESP32, para tratamento e envio a plataforma *ThingSpeak*.

Após ser consultado o artigo, Build a Wireless “Tipping Bucket” Rain Gauge, Hampton (2016), foi construído o pluviômetro seguindo as instruções.

A figura 11 ilustra o plano de medidas proposto no artigo e que foi seguido para a elaboração do Pluviômetro utilizado no trabalho.

Figura 11- Planos de construção do Pluviômetro.

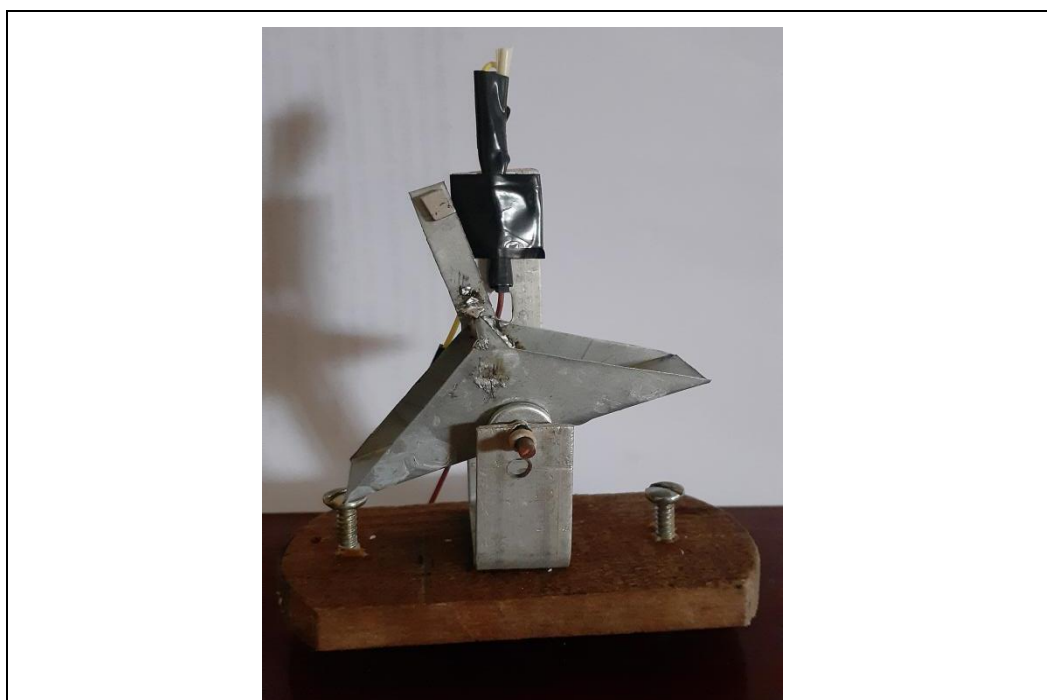


Fonte (Acervo do autor, 2019)

Após seguir as medidas e os materiais que são propostos no artigo foi construído a parte mecânica e elétrica do Pluviômetro.

Na Figura 12 e ilustrado a parte interna do pluviômetro construído, utilizando as informações referidas no artigo citado anteriormente, destacando se os detalhes da parte mecânica e elétrica do sensor.

Figura 12- Vista interna do Pluviômetro



Fonte- (Acervo do autor, 2019)

Para construção da parte externa do sensor foi utilizado um tubo de pvc de 100mm de diâmetro, por 330mm de comprimento, este tubo tem como função proteger a parte para interna e dar sustento a um funil de 110mm de diâmetro, que captara a água da chuva.

O funil , tem como função, captar a agua da chuva e conduzi-la diretamente sobre cada báscula do sensor, não permitindo que a agua captada seja perdida sem antes acionar a báscula para devida leitura.

Outra importante função do funil e delimitar a área de coleta, pois a incidência de chuva e medida em mm/m², sendo 1 mm/m² de chuva coletado, equivalente a 1000 ml de água.

Tendo o funil utilizado 110mm de diâmetro e cada báscula tendo a capacidade de coletar 5,5 ml de água, fica, portanto, com esses dados possível calcular o volume de chuva referente a 1 m², através da equação.

$$V = \pi.r^2.h \quad (1)$$

Sendo o volume coletado em cada báscula, 5500mm³ e a área de captação do funil de 9.503,31 mm², aplicando em (1) temos que para cada acionamento da báscula, temos o equivalente coletado à 0,578 mm/m² de chuva.

Esta informação será inserida no código de programação do ESP32 e a cada acionamento da báscula, será enviado para a plataforma *ThingSpeak*, através de comandos detalhados em capítulo posterior.

4.1.3 Plataforma de desenvolvimento

Para escolha da plataforma de desenvolvimento foi levado em conta o fato de se ter, todo *hardware* necessário em um sistema SOC (*systems on chip*) da plataforma ESP32 DevKit, também aliado a um baixo custo.

A características mais importantes observadas no ESP32 que o elegeram como escolha para o desenvolvimento deste projeto foram:

Conectividade Sem Fio:

- Wi-Fi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz até 150 Mbit/s)
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR e Bluetooth Low Energy (BLE)

Segurança:

- Conectividade IEEE 802.11 com suporte a protocolos de segurança WFA, WPA/WPA2 and WAPI.
- Boot seguro.
- Criptografia de Flash.
- Aceleração de Criptografia em Hardware usando: AES, SHA-2, RSA, ECC e RNG.

Sendo a conectividade wi-fi nativa, vital para o funcionamento do projeto sem a necessidade de adição de circuitos complementares que um tempo maior de desenvolvimento.

Para a programação da plataforma ESP32 foi usando o mesmo ambiente de programação que é utilizado na plataforma Arduino, o ESP32 foi programado de modo que ao obter as informações dos sensores de nível e precipitação, crie, através de seu modulo wi-fi uma conexão com o site da plataforma *ThingSpeak*, através desta conexão a plataforma e capaz de recebe os dados e trata-los de acordo como foi configurada pelo usuário.

Para um correto funcionamento do sistema, e preciso que a programação siga um protocolo específico, e também que algumas bibliotecas de programação específicas sejam inseridas.

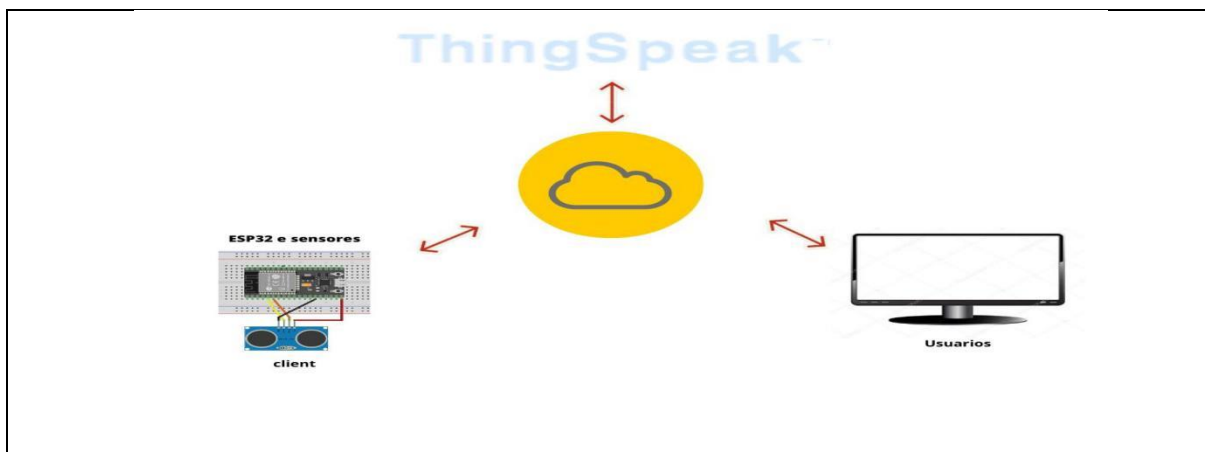
Para um correto entendimento da programação e da conectividade do sistema como um todo e detalhado no sub capítulo a seguir a programação e integração do sistema.

4.1.3.1 Programa utilizado

Será demonstrado a seguir as partes mais importantes do programa criado para a elaboração deste projeto, destacando suas características e importância para um correto funcionamento de todo sistema.

A figura 13 demonstra o diagrama de funcionamento do sistema.

Figura 13- Diagrama do sistema de coleta de dados



Fonte (Acervo do autor, 2019)

O ESP32, fica responsável por fazer a leitura dos sensores e de estabelecer uma conexão através da rede wi-fi com a plataforma *ThingSpeak* na Internet.

Para estabelecer as conexões pelo wi-fi e com o *ThingSpeak* as bibliotecas *Wifi.h* e a biblioteca específica *ThingSpeak* devem ser incorporadas ao programa, também para uso do wi-fi, a biblioteca *secrets.h*, se faz necessária, ela tem a função de guardar as informações referente ao *login* e senha da rede wi-fi na qual o ESP32 deve usar para se conectar.

A seguir é apresentado o trecho referido do código.

```
#include "ThingSpeak.h"
#include "secrets.h"
#include <Wifi.h>
```

Deve ser informado ao ESP32, os dados referente ao canal e uma chave de escrita para que ele possa enviar os dados para o *ThingSpeak*, para isso duas variáveis, uma do tipo *unsigned long*, para indicar o número do canal e uma do tipo *const. char* para a chave secreta de leitura do canal.

A seguir é apresentado o trecho correspondente do código.

```
unsigned long myChannelNumber = "numero do canal";  
const char * myWriteAPIKey = "chave de escrita no canal";
```

Lembrando que esses dois dados são criados na hora que é criado e configurado uma conta e conseqüentemente um canal na plataforma ThingSpeak.

No comando de *setup*, é configurado o modo de funcionamento do wifi e também configurado o ESP32 como *client* na plataforma *ThingSpeak*.

A seguir é demonstrado o trecho do código correspondente.

```
WiFi.mode(WIFI_STA);  
ThingSpeak.begin(client);
```

No *loop* principal do programa, além dos comandos, referente a leituras dos sensores, deve ser adicionada a linha de comando principal que faz a escrita na plataforma ThingSpeak.

A seguir e demonstrado o trecho do código.

```
ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, number, myWriteAPIKey);
```

O comando indica as seguintes informações: No canal de número x (*myChannelNumber*), no gráfico 1(Field,1), o que conter a variável (*number*), deve ser gravado usando a chave secreta de escrita, (*myWriteAPIKey*).

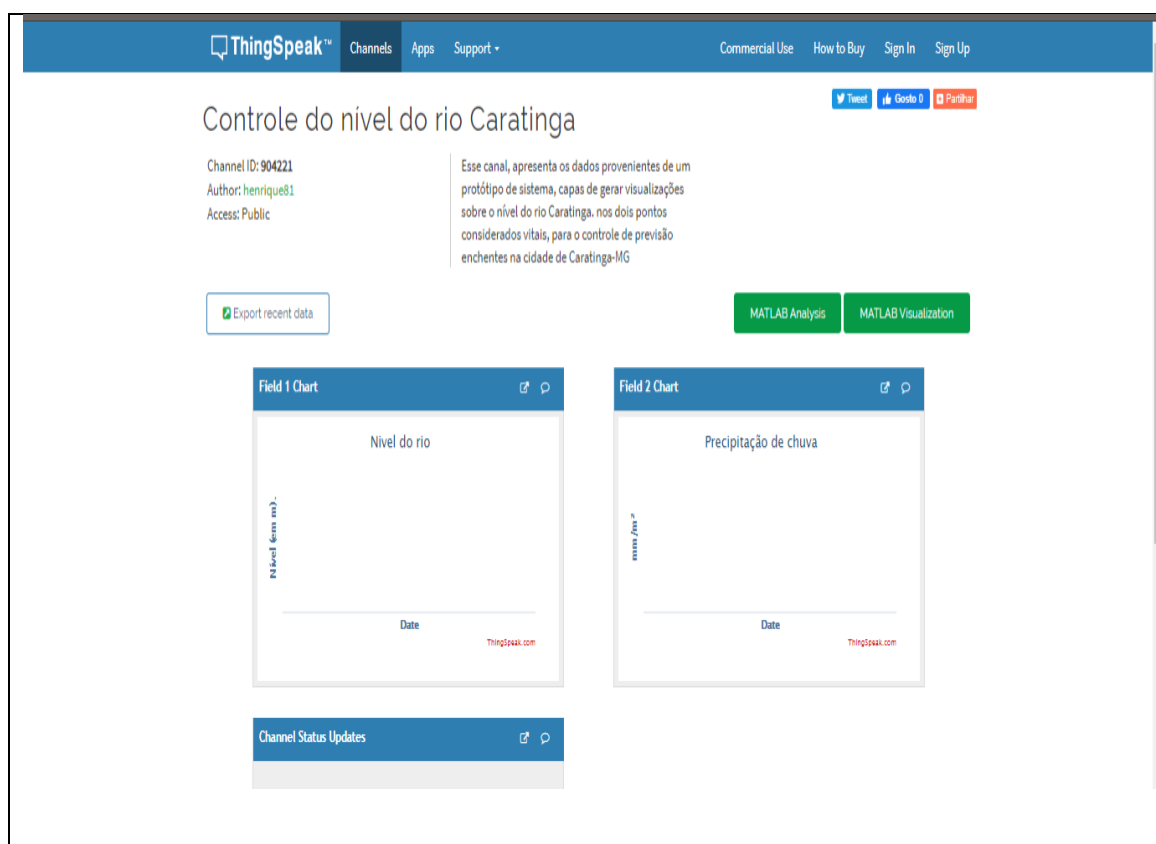
4.1.4 Plataforma IOT

Para escolha da plataforma IOT foi levado em conta a facilidade de implantação que demonstrou ter a plataforma *ThingSpeak*, como também outros vários fatores considerados importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Para os teste de envio de informações e análise do tempo de resposta, uma conta na plataforma *ThingSpeak* foi criada e foi configurado dois quadros, sendo um para visualização do gráficos de nível do rio Caratinga , e outro para visualização da precipitação de chuva em mm/m² no local .

A Figura 14 apresenta o resultado para a visualização na plataforma depois de configurado e pronto para o recebimento dos dados.

Figura 14- Plataforma ThingSpeak configurada e pronta à coleta de dados.



Fonte (Acervo do autor, 2019)

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo será apresentado e discutido os principais resultados obtidos com a operação do sistema de monitoramento.

Para a montagem da fase de testes, uma placa de prototipagem *protoboard* foi utilizada e após ter sido feita toda configuração do sistema de acordo com os passos descritos no capítulo anterior foi iniciado a fase de teste.

Para teste da conexão do sistema com a *Internet*, foi utilizado a rede *wifi* local disponível na residencial, tendo sido estabelecida de forma satisfatória.

Foi constatado nesta etapa que, para uso do sistema em campo, o fato de o sistema utilizar a *Internet* para seu funcionamento não trará problemas visto que na cidade de Caratinga-MG, existe uma empresa que mantém cobertura de rede de *Internet* em todo percurso do trajeto do rio Caratinga onde poderá ser feita a supervisão à que o sistema se propõe.

Uma outra alternativa de conexão, é o uso da tecnologia 3G, oferecido pelas empresas de telefonia celular, que também oferecem cobertura em todo trajeto.

Após testes de conexão, os testes subsequentes foram do sensor de nível por ultrassom.

Foi constatado logo nos primeiros testes que, a perturbação da superfície da água provocada pelo gotejamento da chuva, pode gerar um significativo erro na leitura do sensor ultrassom.

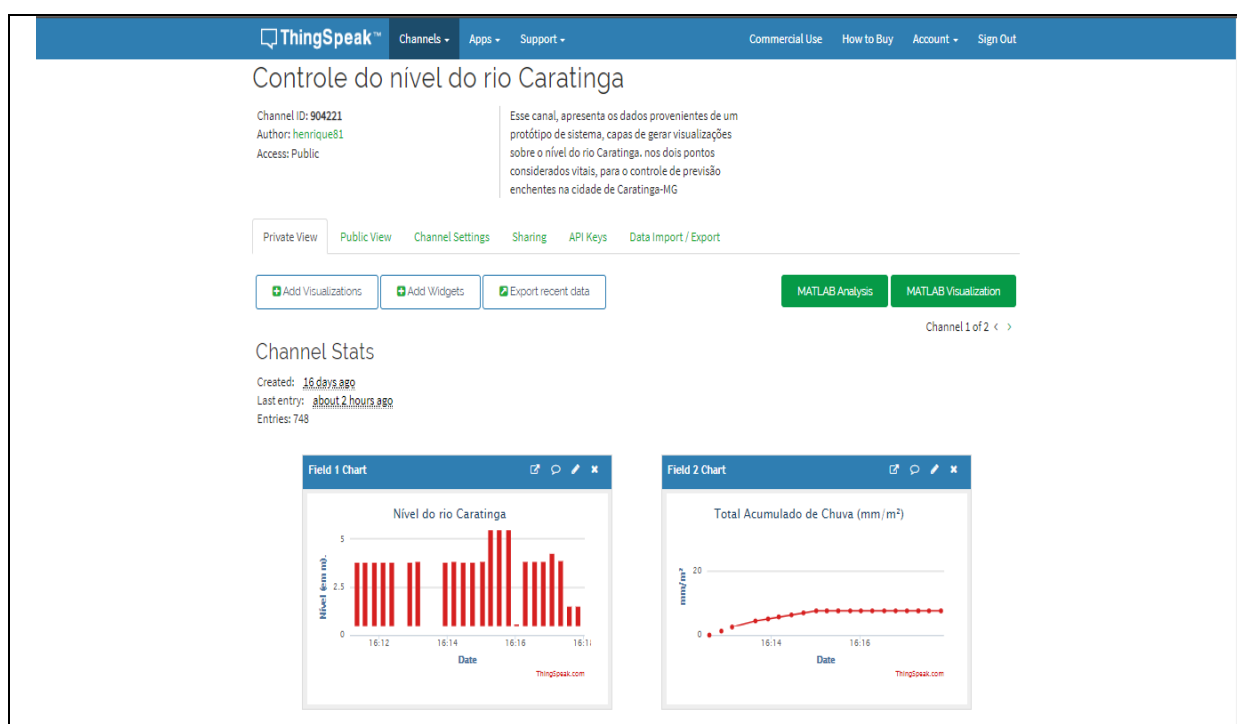
Para minimizar este erro, foi incluso na programação do ESP32, um cálculo para realizar várias medidas simultâneas e calcular uma média, mostrado esta técnica eficaz na mitigação do erro.

Nos testes de inclusão do Pluviômetro, foi constatado outro erro na programação do sistema e uma nova adaptação na programação foi necessária, o programa construído no início, após completar um ciclo de cálculo e envio de informações, entrava em espera de 20 segundos, antes de realizar um novo ciclo, e se houvesse acionamento da balança durante este tempo de espera, o mesmo não era somado ao total de precipitação.

Para sanar esse novo problema, o tempo de repetição do ciclo foi diminuído, e possibilitou que não se perdesse nem um dos acionamentos da báscula, ficando assim o sistema funcionando de forma correta.

Após realizado todas correções necessárias, o sistema foi colocado em funcionamento, como pode ser visto na Figura 15, o sistema funcionou corretamente, com uma taxa de atualização de apenas 21 segundos e registrando qualquer mudança ocorrida nos parâmetros observados.

Figura 15- Visualização dos dados na Plataforma *ThingSpeak* na configuração final



Fonte (Acervo do autor,2019)

As informações geradas pelo sistema estão disponíveis em um ambiente *online* e pode ser visualizada através da plataforma *ThingSpeak* por qualquer um que tenha interesse nos dados. Bastando para isto o usuário acessar o endereço eletrônico: <<https://thingspeak.com/channels/904221>>.

6 CONCLUSÃO

Para o propósito estipulado nesta pesquisa o sistema demonstrou grande Vantagem, em relação ao sistema adotado hoje pela Defesa Civil de Caratinga, podendo disponibilizar, as leituras dos sensores, de forma remota e precisa, sem a necessidade, de um colaborador tenha que se deslocar até o local para leituras do sistema de medição.

O sistema demonstrou ser de fácil implantação e operação.

A automação do sistema, por proporcionar a disponibilidade das informações de forma precisa , constante e remotamente, demonstrou ser um grande aliado no controle do risco de enchentes, podendo se tornar um serviço de grande utilidade pública.

Foi percebido também que para uso em escala real, seria necessário o uso de sensores de nível por ultrassom mais robustos e com proteções mais adequadas para funcionamento em ambiente húmido, pois o modelo usado nos teste não é considerado adequado para uso prolongado a esse tipo de ambiente podendo vir a falhar ou ate mesmo cessar seu funcionamento, necessitando ser substituído por um modelo a prova d'agua.

7 REFERÊNCIAS BIOGRÁFICAS

ALECRIM, EMERSON. *O Que é a Internet das coisas (Internet of Things)*. Mar, 2016. Atualizado em. Jan, 2017. Disponível em: <<https://www.infowester.com/iot.php>>. Acesso em: 20 de set. 2019.

BRASIL, Agência Nacional de águas, Sistema Hidro telemetria(2019). Disponível em : <<http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/Mapa.aspx>>. Acesso em: 25 de Out. 2019.

BRASIL, Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (2019). Disponível em: <<http://200.133.244.152/pluviometrosautomaticos/view/site/requisitos.php>>. Acesso em: 01 de Out. 2019.

BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (2013). Disponível em: <<https://www.cemaden.gov.br/o-que-sao-pluviometros/>>. Acesso em: 20 de set. 2019.

CARATINGA, Defesa Civil de Caratinga. Disponível em: <<http://defesacivilcaratingamg.blogspot.com/>>. Acesso em: 18 de Nov.2019

CHASE, J. The Evolution of The Internet of Things. Texas Instruments, v. 1, n. fev p. 7, 2013.

ESP32 *Application notes*, Data Sheet, Espressif Systems, (2017). Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/arquivos/datasheet/Datasheet%20ESP-32.pdf>>. PDF, Acesso em: 11 de nov. 2019.

HAMPTON, CHARLES. *Build a Wireless "Tipping Bucket" Rain Gauge, Part 1- Assemble the Bucket*. (2016). Disponível em: <<https://www.allaboutcircuits.com/projects/build-a-wireless-tipping-bucket-rain-gauge-part-1assebling-the-base/>>. Acesso em: 01 de out, 2019.

ILMA, ISABELA. *Aprenda a usar o sensor de distância HC-SR04*. Disponível em: <<https://autocorerobotica.blog.br/aprenda-utilizar-o-sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04-com-arduino/>> Acesso em: 9 de Out. 2019.

MAWREY, ROBERT. *Developing an IoT Analytics System with MATLAB, Learning and ThingSpeak* (2016). Disponível em: <<https://www.mathworks.com/company/newsletters/articles/developing-an-iot-analytics-system-with-matlab-machine-learning-and-thingspeak.html>> Acesso em: 01 de out. 2019.

